

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЁТА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЁННЫХ ШАРНИРНО-СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ

проф. Я.И.ОЛЬКОВ., асп. Т.А.МУХТАСАРОВ

Уральский государственный технический университет

В статье [1] обсуждалась возможность разработки итерационного алгоритма расчёта шарнирно-стержневых предварительно напряжённых систем. В результате проведённых расчётов было выяснено, что возможна разработка итерационного алгоритма для автоматизированного расчёта систем данного типа, который обеспечивает сходимость и даёт в результате конструкцию минимальной массы.

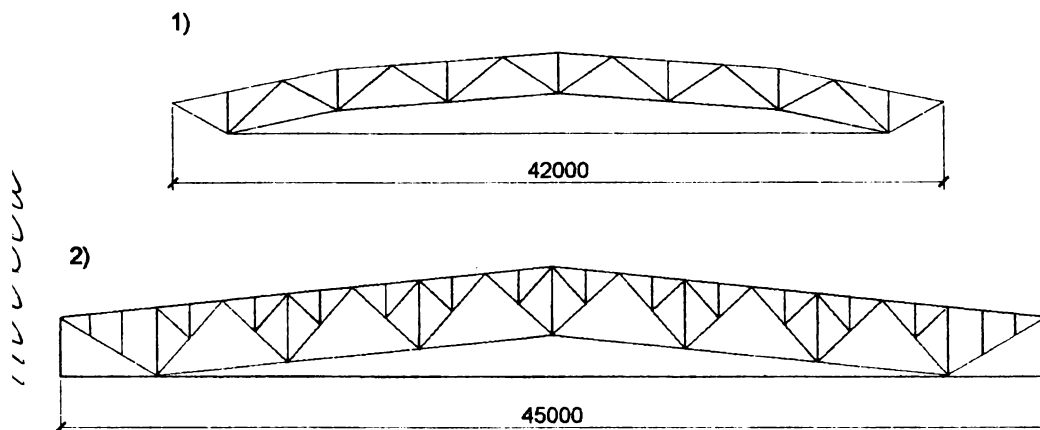


Рис. 1. Схемы предварительно напряжённых ферм, выбранных для анализа: 1 – полигональная; 2 – ферма покрытия Рефтинской ГРЭС.

Данный вывод сделан на основании расчёта всего трёх конструкций. Все эти конструкции однотипны, а именно, плоские фермы типа «арка с затяжкой». На рис.1 приведены две них. [2]. Для первой фермы был только разработан проект, вторая – существующая. Выбор этих конструкций обусловлен двумя факторами. Первый – доступность литературы, в которой приводилось их описание. Второй – простота расчёта, так как ЭВМ применялась только при статических расчётах и при подборе поперечных сечений элементов по методу прямого подбора сечений [1], [3], а все конструктивные расчёты проводились вручную. Для более веского обоснования данного предположения следует рассчитать большее количество конструкций, и рассмотреть другие типы предварительно напряжённых систем: с несколькими затяжками, а в дальнейшем, и пространственные.

Таким образом, следующим шагом стала попытка создания программы для автоматизированного расчёта предварительно напряжённых конструкций, которая реализует разработанный алгоритм и позволит проверить его применимость к более широкому классу конструкций.

Данная программа осуществляет автоматизированный итерационный расчёт предварительно-напряжённых плоских конструкций и реализует следующий алгоритм расчёта:

Осуществляется итерационный расчёт конструкции при одинаковой жёсткости всех элементов.

По полученному усилию в затяжке подбирается затяжка из канатов из высокопрочной стали, площадь поперечного сечения затяжки и модуль упругости затяжки заменяются реальными и определяется усилие самонатяжения затяжки;

Определяется усилие предварительного напряжения затяжки как разность усилия, полученного на первом этапе и усилия самонатяжения:

$$N_0 = N_s - X_c;$$

Производится перерасчёт элементов с учётом стадии предварительного напряжения;

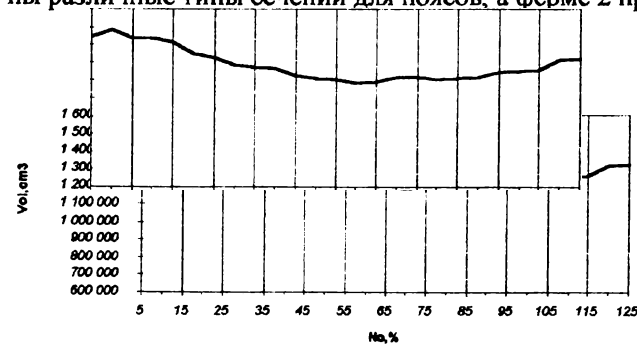
Усилие предварительного натяжения изменяется от 5 % до 125 % от первоначального усилия с интервалом 5 %, и на каждом этапе производится итерационный расчёт конструкции, то есть вновь производится конструктивный расчёт всех элементов.

Поперечные сечения элементов жёсткой части подбираются из равнополочных уголков, с учётом требований по предельной гибкости для разных групп элементов.

Первоначально поперечные сечения всех элементов определялось только в зависимости от усилия. Затем элементы поясов ферм подбирались с учётом унификации из условия, что эксцентриситет между элементами пояса не должен превышать 5 %. Это ограничение обусловлено традиционной конструкцией стыка элементов поясов.

Далее авторы отказались от такого ограничения в силу того, что, во-первых, для снижения массы конструкции можно решить стык другим образом, избежав этого ограничения, а во-вторых, наиболее эффективными для предварительно напряжённых конструкций являются профили с замкнутым сечением, на которые данное ограничение не распространяется. И применили одноуровневую унификацию аналогично [4]. Для групп элементов, в нашем случае для верхнего и нижнего поясов, задавалось только общее количество типоразмеров, и определялось такое сочетание, при котором масса конструкции была минимальной.

Результаты расчётов для фермы покрытия Рефтинской ГРЭС представлены на рис.2. Минимальная масса жёсткой части при унификации с учётом ограничения по эксцентриситету и без учёта массы фасонок, канатов и анкерных узлов составляет 9,3 т. Масса существующей фермы составляет 15 т. Но в силу конструктивных особенностей этих конструкций, пока нельзя проводить сопоставление результатов. Например, в ферме а) на рис. 1 применены различные типы сечений для поясов, а ферме 2 применена сталь различной прочности для верхнего и нижнего поясов.



— объем фермы при унификации с учётом ограничения эксцентриситета

Рис.2. Объем фермы покрытия Рефтинской ГРЭС.

Таким образом, можно говорить не только о теоретической пригодности алгоритма, сформулированного в [1], но и о его практической работоспособности.

В настоящее время программа находится в стадии разработки; авторы ставили задачу только проследить поведение рассчитываемых конструкций в процессе расчёта, то есть при изменении усилия предвари-

тельного натяжения затяжки. Задача автоматического поиска конструкции наименьшего объёма пока не ставилась.

#### Библиографический список

1. Я.И. Ольков, Т.А. Мухтасаров «Построение алгоритмов оптимизации предварительно напряжённых шарнирно-стержневых систем», Третьи уральские академические чтения, Екатеринбург, УрО РААСН, 1997г, 136 с.
2. Б.А. Сперанский «Решетчатые металлические предварительно напряжённые конструкции», Москва, Издательство литературы по строительству, 1970г, 240 с.

3. Я.И. Ольков, И.С. Холопов «Оптимальное проектирование металлических предварительно напряжённых ферм», Москва, Стройиздат, 1985г, 156 с.
4. Я.И. Ольков «Оптимальная двухуровневая унификация типовых элементов конструктивного комплекса», Металлические конструкции. Работы школы профессора Н.С. Стрелецкого, Москва, МГСУ, 1995г, с69 - 77.

## **ИНТЕРАКТИВНЫЕ НОРМЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*доц. АНОШКИН Г.С., инж. А.Н.СУМАР*

Уральская государственная академия путей сообщения.

Наиважнейшей макроэкономической задачей России, возвращающей ей прежнее политическое и экономическое положение на мировом рынке, является кардинальное изменение структуры экспорта.

Очевидно, что реализовать указанную задачу возможно лишь за счет создания конкурентоспособной готовой продукции всех отраслей хозяйства России, и прежде всего, машиностроительного, строительного комплексов.

Одним из определяющих аспектов этой проблемы является создание новейшей нормативной базы, соответствующей в максимальной степени мировому уровню.

Вопросы совершенствования отечественных норм по проектированию железобетонных конструкций транспортных, гидротехнических, промышленных и гражданских сооружений широко обсуждаются в печати, особенно, в последнее десятилетие. Наиболее существенным среди них является, на наш взгляд, вопрос, связанный с созданием интегративных норм по проектированию железобетонных конструкций различного функционального назначения [1].

Для обоснования возможности постановки такой фундаментальной задачи, сформулированной нами еще в 1987 году [8], было выполнено проектирование главных балок пролетных строений (ПС) из предварительно напряженного железобетона под железнодорожную нагрузку С 14 по СНиП 2.05.03 - 84 [3] и СНиП 2.03.01 - 84 [2] длиной 6, 9, 12, 15, 18, 24, 27, 33 м (в нашей работе [1] проанализированы результаты расчетов лишь одного блока ПС  $l = 24$  м). Типовые ПС унифицированной серии из предварительно напряженного железобетона выбраны для анализа с целью исключения возможных систематических и случайных ошибок при расчете и конструировании.

Расчеты выполнены в следующем объеме:

- расчет плиты балластного корыта из ненапряженного железобетона (определялись параметры  $A_s$ ,  $a_r$ ,  $M_{пр}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\sigma_a$  - обозначения по [2] и [3]);

- расчеты главных балок из предварительно напряженного железобетона (определялись параметры  $M_{0,5}$ ,  $\Delta M$ ,  $Q_i$ ,  $A_s$ ,  $A_p$ ), а также выведены коэффициенты, отражающие зависимости отношений найденных значений параметров в зависимости от длины ПС и представляющие собой абсолютные ошибки расчетов по [2] относительно соответствующих расчетов, выполненных по [3],

$$K_i = F(l_i). \quad (1)$$

Значения (1) для исследованных параметров плиты балластного корыта и главных балок ПС были представлены на координатной плоскости в виде множеств  $\{K_i\}$  с верхними и нижними границами. Экстремальные значения элементов соответствующих границ были приняты за максимальные и минимальные значения  $K_i$ .

Приведенные результаты сравнительных расчетов свидетельствуют об отсутствии существенных различий между значениями изучаемых параметров, полученных по [2] и [3], что и предполагалось в [8], так как современные нормы по проектированию строительных конструкций разного функционального назначения [2...7] основаны на теории предельных состояний.